

III-A 419

大規模岩盤空洞掘削時のA E観測

三井金属（株） 竹村友之
 神岡鉱業（株） 中川哲夫

ハザマ技術研究所 吉村和彦、稲葉孝子、正員○前田信行

1. はじめに

岩盤内にさまざまな規模、形状の空洞を掘削する場合には、掘削対象岩盤の特徴や状況に応じて、施工中の岩盤の安定性および完成後の長期的な安定性を考慮する必要がある。一般に、岩盤の安定性については、従来より空洞周辺岩盤の変形や応力などを計測して岩盤の挙動を直接的に評価する方法や、それによって得られた指標を用いて力学的な解析を行う方法がとられてきた。しかし、これらの方法では比較的ゆっくりとした岩盤崩壊を捉えることはできるが、「山はね」のような突発的な岩盤崩壊を捉えることは困難である。一方、岩盤崩壊の初期段階である微小変形・破壊時に発生するA E (Acoustic Emission) を観測する方法では、比較的早い段階での岩盤崩壊現象を捉えることができ、実用化に向けてさまざまな研究がなされている。

本研究は実際の大規模岩盤空洞の建設中に行ったA E観測結果について報告し、岩盤の安定性監視へのA E観測技術の適用性について検討を行ったものである。

2. 研究の目的

本研究の目的は、岩盤空洞掘削時に発生するA Eを計測することによって、A E計測の岩盤掘削時の安定性監視技術としての適用性を検討するものであり、具体的には、次の2点にまとめることができる。

- ① A E発生状況と地質条件および変位計測結果とを比較検討し、両者の関連性を考察する。
- ② A E計測の岩盤挙動の監視への適用性を評価し、今後の検討課題をまとめる。

3. 計測対象空洞の概要

計測は東京大学宇宙線研究所が岐阜県神岡町に建設した大型水チェレンコフ観測施設「スーパーカミオカンデ」の大規模地下空洞で実施した。この施設は土被り約1000 mの地中に位置し、直径40 m×高さ45.6 mの円筒部と高さ12 mの半回転楕円体ドームからなる、総掘削量約69000m³の弾丸型の空洞である。対象地点の地質は角閃石片麻岩（一軸圧縮強度1.57~1.77 × 10⁶ k N/m²）であり、節理、き裂や変質帯は全般的に少ない。

4. 計測装置と計測方法

データ計測に用いたセンサは、共振周波数30 kHzのA Eセンサを用いた。センサは木製のロッドに組み込み、共振方向を空洞の直径方向に合わせて設置すると同時に、地質調査で確認されているき裂を囲むように3次元的に配置した。計測においては、空洞掘削に伴って、このき裂周辺で発生するA Eの数（以下、A Eカウント数）およびそれらの波形収録を行った。また、A E計測地点近傍において、空洞直径方向の岩盤の変位を捉えるために地中変位計を設置した。センサの設置位置を図1に示す。

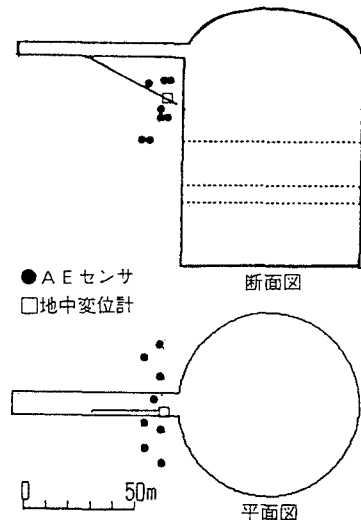


図1 センサ設置位置図

5. 計測結果と考察

(1) A Eカウント数

A E計測結果のうち、A Eカウント数と変位計データの経時変化を対比したものを図2に示す。A Eカウント数は6月と10月後半から11月にかけて頻繁に観測され、岩盤変位計では6月初旬と11月初旬に引張方向への変位が見られる。このように、A Eカウント数と変位量はよく対応している。特に11月初旬の変

位の発生に先立ち、10月下旬から11月にかけて多くのAEカウント数が観測されている。これは、変位計で検出可能な変位量に達する以前の、岩盤の微小変形や微小破壊によって発生したAEを捉えているものと考えることができ、AE計測によって岩盤破壊の兆候を捉え得る可能性を示唆しているものと思われる。

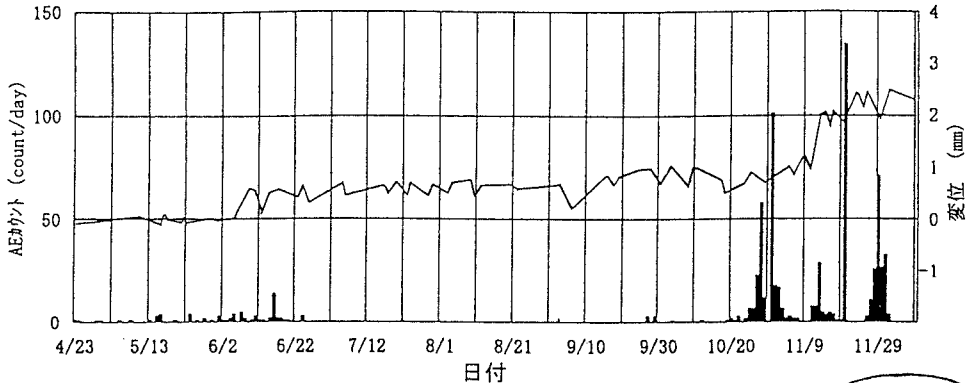


図2 AEカウントと地中変位計の計測結果

(2) 振源の分布

AEの発生した位置は観測された4点以上のAE波形の到達時間差から3次的に決定することができる¹⁾。この方法を用いて空洞掘削時に発生したAEの振源を求め、振源分布を図3に示した。AEの振源は図中の断層Aの延長方向の比較的狭い領域に集中しており、観測されたAEは掘削によって生じた断層の変位に起因するものであると考えられる。しかし、AEの発生数は掘削後急速に減少し継続性が見られなかったことから、岩盤自体の安定性には問題ないものと判断された。なお、空洞掘削は1994年に無事に完了した。

6. 岩盤挙動監視への適用性と今後の課題

本研究結果から、基本的にはAE計測による岩盤の安定性監視技術の適用性は十分あるものと考えられる。すなわち、AE発生数の変化やその振源位置を求めることにより、破壊の場所や進行度合いについての経時的な情報の取得が可能である。さらに、AE計測では変位計測などに岩盤の変形が現れる以前にその兆候を捉えられる可能性があることから、本手法が山はねや崩落のような突発的な崩壊現象を予測し、岩盤空洞掘削の安全性の向上に寄与できるものと考えられる。一方で、AEは高周波の弾性波であり、岩盤内での減衰も大きいことや、空洞の形状や周辺の地質条件によって、その伝搬過程も単純には決定できない場合もあることから、幅広く岩盤の安定性の監視に適用していく際には、以下に示すような検討すべき課題があるものと思われる。

- ① 岩盤状況に応じた適切なセンサの配置や設置方法の検討
- ② 計測されたデータが岩盤の安定性にどのように関連するのかを評価する方法または指標の検討
- ③ 上記①に関連して、対象岩盤の減衰特性などの地質的な条件を事前に簡単に評価する技術の開発

7. おわりに

本研では、大規模岩盤空洞建設時に行ったAE計測結果を基に、AE波形やその発生数を計測することによる岩盤の安定性の評価について、その可能性を示すと同時に、この手法の実用化においては、上述したような解決すべき課題も残されていることを示すことができた。今後は、こうした課題を解決することによって、岩盤空洞に限らず広く岩盤の安定性の監視に適用できる技術の開発を進めていく予定である。

【参考文献】1) 勝山邦久編著：現場技術者のためのAE技術の応用、アイピーシー、pp. 84～91、1994

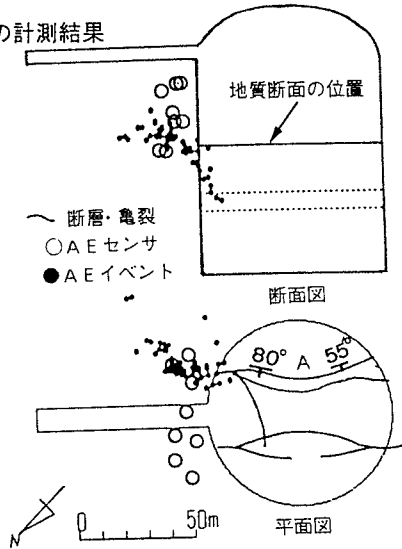


図3 AE発生位置と地質条件